

## Пирометры. величина достоверности измерения температуры

Андреев С.Ю., Федоров И.П., КП «Харьковские тепловые сети»

На нашем предприятии многие подразделения широко применяют пирометры для измерения температуры теплоносителя и горячей воды как на собственных объектах, так и у потребителей. Это обусловлено кажущимся удобством пользования данным прибором. Но при этом, все чаще возникают сомнения в достоверности полученных результатов измерения и, соответственно, выводы о неисправности прибора.



При оценке точности, чаще всего рассматривают только паспортную погрешность самого измерительного прибора, что является наиболее распространенной ошибкой. При этом практически мало обращают внимания на методику измерения, которая и формирует точность получаемых результатов. Рассмотрим основные условия, влияющие на погрешность пирометров.

Принцип действия пирометра основан на измерении энергетической яркости части инфракрасного потока излучения, который поглощается приемником пирометра через его оптическую систему. Далее, измеренное значение *потока излучения* переводится в температурную величину.

*Поток излучения* измеряемого объекта является функцией трех основных взаимосвязанных параметров – температуры, длины волны и *излучательной способности* поверхности.

*Излучательная способность* – это мера количества энергии излучения, испускаемого определенной поверхностью, по сравнению с энергией излучения, излучаемого абсолютно черным телом при той же температуре. Она характеризуется *коэффициентом излучения* поверхности (или степенью черноты), значение которого, для поверхности каждого конкретного объекта, является индивидуальным и зависит от ряда факторов (длины волны, угла излучения, материала и состояния обработки поверхности). Усложнением характеристики излучательной способности являются взаимная функциональная зависимость температуры и коэффициента излучения объекта, где оценка значения одного параметра требует информации относительно значения другого. Поэтому определение действительной температуры объекта невозможно без достоверной информации о коэффициенте излучения его поверхности.

На значение коэффициента излучения поверхности непрозрачного объекта, кроме величины его температуры, влияют следующие факторы: агрегатное состояние вещества (твердое, жидкое, газообразное); состояние поверхности (полированная, матовая, шероховатая, пористая); длина волны излучения или участок спектра, наличие диффузно-излучательного характера поверхности; угол излучения участка поверхности объекта относительно нормали.

В процессе измерения температуры пирометром необходимо учитывать, какой вид коэффициента излучения наиболее полно характеризует излучающие свойства поверхности объекта.

Можно сказать, что точечный нормальный, в том числе точечный направленный, коэффициент излучения наиболее полно характеризует излучение отдельного участка объекта, с точки зрения сложности его геометрической формы и химического состава. Также, при определении коэффициента излучения на его значение влияет рабочий спектральный диапазон и спектральная чувствительность пирометра, которым осуществляется измерение температуры.

На основании этого можно сделать вывод, что коэффициент излучения характеризует не конкретное вещество или материал, а состояние и свойства лишь тонкого слоя поверхности объекта в определенных условиях в процессе измерения пирометром с соответствующими спектральными свойствами.

На практике информацию о значении коэффициента излучения можно получить на основании априорного экспериментального метода сличения оптимальных условий поверки пирометра с конкретными условиями измеряемого объекта. В этом случае точность определения коэффициента излучения составит около 10%, что в пирометрии считается удовлетворительным.

Проследить зависимость коэффициента излучения объекта во всем интересующем температурном диапазоне вполне возможно путем сравнения температур, измеренных контактным термометром и пирометром. Многие модели пирометра имеют возможность, для этих целей, подключать платиновые преобразователи температуры. По полученным таким методом переменным ( $A$ ) и ( $B$ ) можно выполнить аппроксимацию температурной зависимости коэффициента излучения по выражению экспоненты закона Планка:

$$k(T) = A \cdot \exp[B \cdot T].$$

Результаты данных исследований могут дать возможность измерять, с достаточной точностью, температуру поверхности конкретного исследованного объекта конкретным пирометром, но при разных температурных интервалах.

При переводе пирометра на поверхность другого объекта необходимо повторить вышеперечисленные операции с предварительным измерением температуры объекта контактным термометром, определением коэффициента излучения в температурном диапазоне и аппроксимации полученных результатов контактного термометра и пирометра.

Целесообразность таких предварительных исследований имеет место в тех случаях, когда необходимо периодически многократно контролировать температуру одних и тех же ранее исследованных объектов. Учитывая, что на нашем предприятии измеряемыми поверхностями являются стальные трубопроводы, следует помнить, что на коэффициент излучения сильно влияет *окисленность поверхности металлов*. В частности, для окисленной стали коэффициент излучения составляет примерно 0,85, а для полированной стали он снижается до 0,075. При этом погрешность измерения может составлять более  $10^{\circ}\text{C}$ .



Кроме неправильного выбора коэффициента излучения на источник погрешности пирометров влияют:

- *Тепловое равновесие* чувствительного измерительного элемента пирометра с температурой окружающей среды при выполнении измерений. Рекомендуется выполнять измерение не ранее, чем через 40 минут после входа в помещение;

- *Показатель визирования* (оптическое разрешение) необходимо учитывать каждый раз при выборе расстояния от пирометра до измеряемой поверхности, с которой считываются показания.

Таким образом, преимуществами применения пирометров перед контактными термометрами являются:

- ✓ измерение температур раскаленных объектов, расплавленных металлов и пластмассы;
- ✓ оценка температур движущихся объектов (подшипники, валы, муфты) непосредственно в период их работы;
- ✓ безопасное измерение температур токоведущих частей, находящихся под напряжением и т.п.

Рассматривая перечисленные преимущества, следует учитывать, что при измерении высоких температур (до  $3000^{\circ}\text{C}$ ) погрешность в  $10-15^{\circ}\text{C}$  является вполне допустимой, а при оценке температуры движущихся объектов или находящихся под напряжением, используется метод сличения температур двух, условно одинаковых поверхностей.

Имеется в виду, что при поиске неисправности, например в электроцитовой, пирометр наводится поочередно на каждую фазную шину, выполненную из одинакового материала, с целью обнаружить дефектный контакт, имеющий температуру на несколько десятков градусов выше исправных. При этом абсолютное значение температуры имеет второстепенное значение.

В тех случаях, когда при измерении пирометром мы хотим получить абсолютное значение температуры единичного объекта без выполнения вышеописанных условий, следует допускать величину возможной погрешности в десятки градусов.